

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-226317

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 6/06	Z A A			
H 0 1 B 13/00	5 6 5 D			
H 0 1 F 41/04	Z A A Z			
			H 0 1 F 5/ 08	Z A A N
			審査請求 未請求 請求項の数 2	F D (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平6-39075

(22)出願日 平成6年(1994)2月14日

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 石塚 正之

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号住友重機械工業株式会社平塚研究所内

(72)発明者 柳谷 知之

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号住友重機械工業株式会社平塚研究所内

(72)発明者 湯川 文和

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号住友重機械工業株式会社平塚研究所内

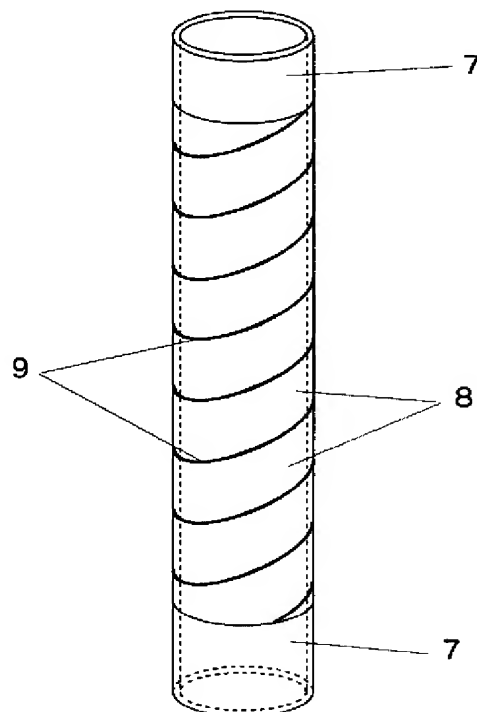
(74)代理人 弁理士 豊田 正雄

(54)【発明の名称】 酸化物超電導体の製造方法

(57)【要約】

【目的】 酸化物超電導体を容易にスパイラル状に形成する製法を得て、超電導特性、熱伝導特性、強度に優れた酸化物超電導体を用いる電流リード、コイルを提供する。

【構成】 第一の方法として、薄肉円筒形のセラミックスに、ドクターブレード法により得られたグリーンシートをスパイラル状に巻き付け、熱処理等を加えて酸化物超電導体を作製する。第二の方法として、適当な超電導特性等が得られる製法により作製された薄肉円筒形の酸化物超電導体に、スパイラル状に超電導体部分を残して、スパイラルの間隙部分にレーザ、電子ビームを照射して非超電導相を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ドクターブレード法により得られる超電導シートを用いる酸化物超電導体の製造方法において、薄肉円筒形のセラミックスに、適当な幅に切断した当該超電導シートを適当な間隔をおいて巻き付け、脱脂、焼成、中間加圧および焼成等の処理を適宜施すことを特徴とするスパイラル状酸化物超電導体の製造方法。

【請求項2】 酸化物超電導体の製造方法において、成形、加圧、焼成等を経て得られた薄肉円筒形の酸化物超電導体に、レーザないし電子ビームを照射して非超電導相を形成することにより、超電導相をスパイラル状に残すことを特徴とするスパイラル状酸化物超電導体の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、酸化物超電導体を用いた電流リードまたはコイルの製法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】超電導機器に用いる電流リードは、大電流を効率的かつ安定して供給できる性能が求められている。酸化物超電導体は、高温超電導体として、このような電流リードの使用環境温度に適し、冷却効率に有利であること、他の材質に比べて、熱伝導率が小さく、伝導による熱侵入量が少ないことから、電流リードに使用されるようになった。

【0003】電流リードに熱伝導率の小さい酸化物超電導体を用いても、熱の侵入は避けられない。そこで熱侵入を抑制する対応策の一つとして、酸化物超電導体の通電部分を断面積が小さく、長さが大きい形状としている。しかし、単に断面積を小さくしても給電量の低下を招き、単に長さを大きくすると、冷却効率が悪く、動作環境が不安定になったり、冷却装置が大型化してコストがかさむ。そこで適当な長さで断面積を有するスパイラル状を形状に採用している。

【0004】酸化物超電導体をスパイラル状に加工する他の例として、超電導磁石等に用いるコイルが挙げられる。酸化物超電導体は展性がなく、加工に高度な技術が要求される。従来、スパイラル状に加工する場合、超電導材料粉末を金属材料に充填して製作した線材を巻き棒に巻き付けたり、バインダーを添加して射出成形している。

【0005】ただし、電流リードに用いる場合、熱伝導率の高い金属材料の使用は避けた方がよい。また電流リード、コイルとも、成形体に中間加圧処理を施して超電導特性を高めた酸化物超電導体を用いることが望ましい。そこで、このような場合は、円筒形状に成形した酸化物超電導体に、機械的加工を施し、スパイラル状としている。

【0006】図1に従来の製法により得られたスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図を示

す。溝3を加工し、スパイラル状とした酸化物超電導体2の両端に電極1を形成したものである。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のようにスパイラル状の酸化物超電導体は、円筒体に機械的加工を施すことにより製作されている。しかし、酸化物超電導体はセラミックス特有の脆性を有し、靱性に乏しいため、機械的加工は容易ではなく、破損を招く恐れがある。

【0008】酸化物超電導体はセラミックスの一種であることから、図1のような形状を得る場合、10数回に及ぶ機械的加工を施さなければならない。機械的加工によりスパイラル状にしたものは、強度に不安があるため、クラックが生じやすい。そのため取り扱いが難しく、補強が必要となる。

【0009】補強材は、線材加工や射出成形に必要な伸展材や可塑剤等と同様に、超電導材料の化学的安定性や熱伝導性等の条件が厳しく、選定が難しい。また、従来の製法では、成形、機械的加工の工程があり、作製時間がかかる。

【0010】本発明は、酸化物超電導体を容易にスパイラル状に形成する製法を得て、超電導特性、熱伝導特性、強度に優れた酸化物超電導体を用いる電流リード、コイルを提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明では、第一の方法として、薄肉円筒形のセラミックスに、ドクターブレード法により得られたグリーンシートをスパイラル状に巻き付け、熱処理等を加えて酸化物超電導体を作製する。

【0012】第二の方法として、適当な超電導特性等が得られる製法により作製された薄肉円筒形の酸化物超電導体に、スパイラル状に超電導体部分を残して、スパイラルの間隙部分にレーザ、電子ビームを照射して非超電導相を形成する。

【0013】二つの製造方法は、セラミックスないし非超電導相がそのまま補強材となるため、強度が十分あり、破損にくい。得られる酸化物超電導体は、いずれも、超電導特性、熱伝導率等に好ましい特性を備えている。

【0014】グリーンシートを用いる第一の方法について、さらに説明する。巻き棒に用いる薄肉円筒形のセラミックスは、ジルコニア、酸化マグネシウム等の酸化物超電導体や熱に化学的に安定した材料を用いる。セラミックスは、熱処理等を経て酸化物超電導体と一体化するため、補強材として、あるいは、超電導体の用途に応じ、適切な材料を用いる。

【0015】グリーンシートは、超電導材料粉末にバインダー、可塑剤、分散剤、溶剤を加えて混練したスラリーを、薄板に塗布し、ドクターブレード装置によって肉厚を調整したものである。グリーンシートは、打ち抜

き、積層等により各種形状に加工でき、中間加圧の適用が可能である。超電導材料粉末の板状粒子が、ドクターブレードにより結晶配向性を得られるため、優れた超電導特性を示す。

【0016】適当なスパイラル幅に切断したグリーンシートを、薄肉円筒形のセラミックスに適当な間隔で所望の長さに巻き付ける。グリーンシートを重ねて巻き付け、必要な断面積が得られるまで、積層してもよい。その後、脱脂、焼成、中間加圧と焼成を適宜行ってスパイラル状の酸化物超電導体を得られる。

【0017】図2に、ドクターブレード法により加工したスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図を示す。補強材6にグリーンシートを巻き付け、熱処理、加圧処理を施して酸化物超電導体5を密着させ、両端に電極4を形成したものである。図中矢示したようにスパイラルに沿って電流が流れる。

【0018】機械的加工に頼らず、酸化物超電導体をスパイラル状とすることが可能であるため、作製時間が短縮され、破損やクラックの生じる恐れがない。また、スパイラルの幅や間隔について、機械的強度から制限を受けず、所望の形状を得ることができる。

【0019】レーザ、電子ビームを照射する第二の方法についてさらに説明する。レーザ、電子ビームとして、CO<sub>2</sub>、YAG、エキシマレーザを利用できる。スパイラル状に加工する酸化物超電導体は、優れた超電導特性と所望の物理特性が得られる、通常の製法により薄肉円筒形に作製されたものであればよい。例えば、型に充填した材料粉末を加圧して得られた成形体に中間加圧を施す製法や、材料粉末を分散したスラリーから得られたシートを処理する製法により、薄肉円筒形に加工された酸化物超電導体である。

【0020】スパイラルの間隙部分にレーザを照射すると、超電導体が熔融して非超電導相に変わる。適当なスパイラル幅を残し、適当な間隔で非超電導相を形成する。非超電導相はそのまま残して補強材とする。

【0021】図3にCO<sub>2</sub>レーザにより加工したスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図を示す。酸化物超電導体8に非超電導相9が得られ、両端に電極7を設けたものである。図中矢示するように、電流が流れる。

【0022】レーザ照射によるスパイラル間隔は、機械的強度からの制限を受けず、自在に設けることができる。図3に示すような、機械的加工では得られない狭幅の溝や、機械的強度から不可能だった広幅の溝を、加工することができる。

【0023】図2、図3には電流リードの例を示した

が、超電導電磁石等、ソレノイドコイルに使用することも考えられる。従来の製法により線材化したものに比べて、超電導特性に優れ、電流値が高いため、巻き数が少なくても高い磁場が取り出しやすい等の利点がある。本発明の製造方法により得られる電流値の高いコイルを限流素子に適用すると、超電導機器等、定常電流が大きい装置の事故電流に対応することができる。

【0024】

【実施例】本発明の酸化物超電導体の製造方法によりスパイラル状に加工する。CO<sub>2</sub>レーザを照射して非超電導相を形成し、ターン数10、前長775mm、幅10mm、肉厚1.5mmとした。その結果、全長は加工前の約6倍、断面積は加工前の約1/6倍になった。

【0025】

【発明の効果】上記のように本発明の酸化物超電導体の製造方法によれば、優れた超電導特性を有するスパイラル状の酸化物超電導体を得ることができる。本発明により得られる酸化物超電導体は、電流値が高いため、超電導磁石等に適用し、高い磁場を取り出すことができる。

【0026】従来の線材化による製法や、機械的加工による製法に比べて、製造工程が少なく、作製に要する時間が減少する。本発明により、超電導特性が安定しており、機械的強度の不安もなく、信頼性の高い超電導体を得られる。超電導特性が安定し、信頼性が高いため、限流素子等への応用が考えられる。スパイラル状の酸化物超電導体は、長尺、小断面積でありながら、小型に収まり、冷却効率に優れているため、優れた電流リードが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の製法により得られたスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図である。

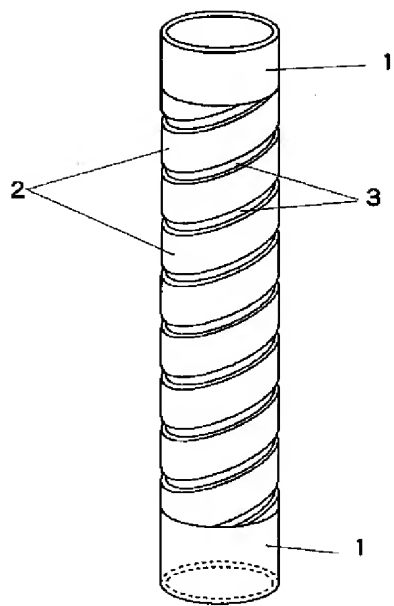
【図2】ドクターブレード法により加工したスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図である。

【図3】CO<sub>2</sub>レーザにより加工したスパイラル状の酸化物超電導体を用いた電流リードの側面図である。

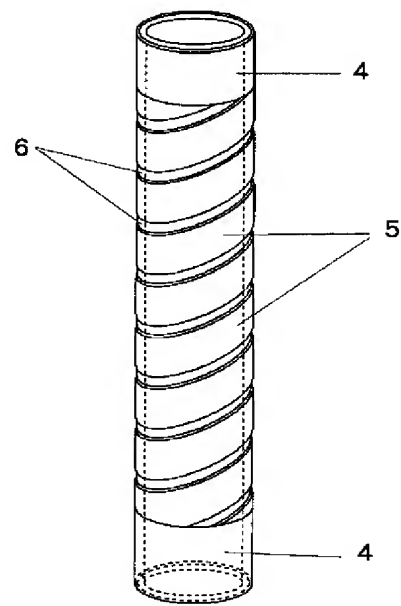
【符号の説明】

- 1 電極
- 2 酸化物超電導体
- 3 溝
- 4 電極
- 5 酸化物超電導体
- 6 補強材
- 7 電極
- 8 酸化物超電導体
- 9 非超電導相

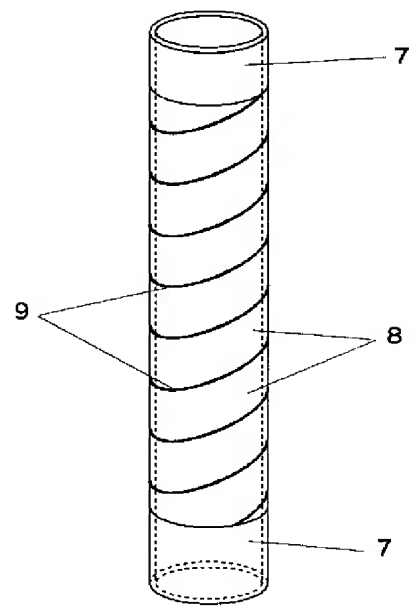
【図1】



【図2】



【図3】



**PAT-NO:** JP407226317A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 07226317 A  
**TITLE:** MANUFACTURE OF OXIDE  
SUPERCONDUCTING MATERIAL  
**PUBN-DATE:** August 22, 1995

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
ISHIZUKA, MASAYUKI	
YANAGIYA, TOMOYUKI	
YUGAWA, FUMIKAZU	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
SUMITOMO HEAVY IND LTD	N/A

**APPL-NO:** JP06039075  
**APPL-DATE:** February 14, 1994

**INT-CL (IPC):** H01F006/06 , H01B013/00 ,  
H01F041/04

**ABSTRACT:**

PURPOSE: To enhance superconducting characteristics, thermal conducting properties and mechanical strength by easily forming an oxide superconducting material into spiral form by a method wherein a superconducting sheet, which is

cut into the width suitable for cylindrical thin film ceramic, is wound with a proper space.

CONSTITUTION: A green sheet, which is cut in proper spiral width, is wound around a cylindrical thin ceramic with a proper space in the desired length. The diagram separately mentioned shows the side view of the current lead using a spiral-shaped oxide superconducting material which is treated by a doctor blade method. The green sheet is wound around a reinforcing member 6, the oxide superconducting material 5 is closely adhered by conducting a heat treatment and a pressure treatment, and an electrode 4 is formed on both ends. Consequently, as the oxide superconducting material 5 can be formed into spiral shape without having machine work, manufacturing time can be cut down, and the occurrence of breakage and cracks can be prevented. Also, the desired shape can be obtained without having restrictions in mechanical strength in the formation of special width and interval.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO